

## PERHITUNGAN Life Time TRANSFORMATOR JARINGAN DISTRIBUSI 20 kV DI APJ MALANG

Sujito

**Abstract :** *Distribution network owned by PT. PLN is a very important role to deliver electricity from generators to the load through transmission lines and distribution networks. Highly reliable network needed for the distribution of electrical energy can work continuously unbroken. Transformer is very important in the distribution network to distribute electricity from the main relay station to the load, so that the transformer can work continuously without any damage to the transformer needs to be elections that will be used, placement of the transformer at a large distribution network according to the load (kVA) is used, and regular maintenance in a certain period. In the calculations we use a transformer can predict when the use of transformers from the voltage and current calculations that are used every day, so if we tell the time using a transformer, we can prevent damage to the distribution network by replacing the transformer before the transformer damage.*

**Key words:** *Transformer, Load (kVA), Voltage, Current.*

**Abstrak :** Jaringan distribusi milik PT. PLN sangat penting peranannya untuk menyalurkan tenaga listrik dari pembangkit beban melalui jaringan transmisi dan jaringan distribusi. Jaringan yang handal sangat diperlukan agar penyaluran energi listrik dapat beroperasi secara terus menerus tak terputus. Transformator sangat berperan penting dalam jaringan distribusi untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk ke beban, agar transformator dapat bekerja terus menerus tanpa adanya kerusakan maka perlu dilakukan pemilihan transformator yang akan digunakan, penempatan transformator pada jaringan distribusi sesuai besar beban (kVA) yang digunakan, dan perawatan berkala dalam jangka waktu tertentu. Dalam perhitungan waktu pakai transformator kita dapat memprediksikan waktu pakai dari transformator tersebut dari perhitungan tegangan dan arus yang digunakan setiap harinya, jadi bila kita mengetahui waktu pakai suatu transformator maka kita bisa mencegah kerusakan pada jaringan distribusi dengan mengganti transformator sebelum transformator tersebut terjadi kerusakan.

**Kata-kata kunci :** Transformator, Beban (kVA), Tegangan, Arus.

Sistem keterandalan pada jaringan distribusi sangat besar peranannya untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik pada setiap konsumen. Oleh peranannya yang sangat penting bagi konsumen, maka penyaluran listrik oleh PT. PLN tidak boleh terputus selama 24 jam. Hal ini

akan mengakibatkan kerugian yang sangat besar bagi konsumen.

Bagian dari sistem tenaga listrik yang paling dekat dengan pelanggan adalah sistem distribusi. Sistem distribusi merupakan hal yang paling banyak mengalami gangguan, sehingga masalah uta-

ma dalam operasi sistem distribusi adalah mengatasi gangguan. Jumlah gangguan dalam sistem distribusi relatif banyak dibandingkan dengan jumlah gangguan pada bagian sistem yang lain seperti pada unit pembangkit, saluran transmisi dan transformator gardu induk.

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan suatu sistem penyalur energi listrik dari pusat pembangkit tenaga listrik (*power station*) pada tingkat tegangan yang diperlukan, pada umumnya terdiri dari beberapa bagian yaitu: Gardu Induk; Jaringan Distribusi Primer; Gardu Distribusi; Jaringan Distribusi Sekunder.

Berdasarkan tegangannya sistem distribusi tenaga listrik di Indonesia dapat dikelompokkan menjadi dua macam tegangan yaitu, distribusi tegangan menengah (distribusi primer) yang bertegangan 20 kV dan distribusi tegangan rendah (distribusi sekunder) yang bertegangan 220/380 Volt.

Populasi penduduk yang semakin tahun terus bertambah mengakibatkan kebutuhan akan energi listrik juga semakin bertambah. Perkiraan kebutuhan listrik di Indonesia meningkat 4% setiap tahunnya. Pihak PLN belum bisa mengatasi peningkatan permintaan masyarakat akan listrik, maka dibuka kesempatan bagi pihak swasta untuk turut andil dalam pemenuhan kebutuhan tersebut.

Dengan bergabungnya pihak swasta, maka pemenuhan kebutuhan listrik dengan kualitas dan kuantitas yang baik serta harga terjangkau dapat dilakukan. Guna menjaga kualitas serta kuantitas yang baik dari sebuah produksi listrik, didukung oleh organisasi

yang baik dari perusahaan yang mampu mengatur segala kegiatan produksi, perencanaan proses pembangkitan yang baik, jadwal pemeliharaan peralatan yang rutin, dan paling penting adalah factor sumber daya manusia.

Dalam mengatasi masalah terjadinya gangguan maka perlu dilakukan pemeliharaan jaringan distribusi, pemeliharaan jaringan itu sendiri meliputi pekerjaan, pemeriksaan, pencegahan, perbaikan dan pergantian peralatan pada suatu jaringan distribusi secara terjadwal maupun tanpa jadwal.

Perhitungan Lama Waktu Pakai Transformator Jaringan Distribusi 20 kV Di APJ Malang ini merupakan pengembangan konsep sistem jaringan distribusi yang sebelumnya telah diangkat oleh :

Jurnal "Studi pengaruh penempatan arrester terhadap efektivitas proteksi transformator distribusi 20 kV pada gardu transformator tiang", tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan sistem penempatan arrester yang efektif sebagai proteksi transformator distribusi 20 kV pada gardu trafo tiang (GTT).

<http://one.indoskripsi.com/node/8473> (Taufiq, 2009).

Jurnal "Penggunaan purified oil machine sebagai alat untuk perawatan dan pemeliharaan minyak trafo", tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan efisiensi transformator khususnya dalam perawatan dan pemeliharaan transformator dengan menaikkan tegangan tembus minyak dengan cara purifying serta untuk memperpanjang usia transformator sehingga menekan inpestasinya lebih rendah. <http://one.indoskripsi.com/node/9130> (Jabat, 2009).

Jurnal “Simulasi dan analisa ketidakseimbangan beban transformator distribusi untuk identifikasi beban lebih dan estimasi rugi-rugi pada jaringan tegangan rendah pada PLN UJ Darmo Permai APJ Surabaya selatan”, tujuan penelitian ini adalah penyeimbangan beban untuk memperkecil nilai losses dalam jaringan distribusi. [http://dewey.petra.ac.id/jiunkpe\\_dg\\_10027.html](http://dewey.petra.ac.id/jiunkpe_dg_10027.html) (Dedy Widhianto Adisuwito, 2008).

Jurnal “Studi Keterandalan Sistem Jaringan Distribusi udara 20 kV Pada Gardu Hubung Kandis Kota Padang”, tujuan penelitian ini adalah mendapatkan nilai SAIFI dan SAIDI pada Gardu Hubung Kandis serta membandingkannya dengan nilai yang telah ditargetkan oleh PT. PLN.

<http://www.scribd.com/doc/9293763/Studi-Keterandalan-Sistem-Jaringan-Distribusi-Udara-20-kV-Pada-GH-Kandis>(Morhel Mubarak, 2008)

Pada dasarnya penelitian ini sama-sama bertujuan untuk mempelajari dan menemukan solusi terhadap gangguan-gangguan yang terjadi pada transformator jaringan distribusi sehingga menyebabkan terganggunya kontinuitas pelayanan sistem distribusi. Perbedaan dari judul yang diangkat di atas, penulis menulis tentang penelitian perhitungan lama waktu pakai transformator jaringan distribusi 20 kV di APJ Malang. Dimana dalam hal ini penulis akan membahas lebih dalam mengenai teori serta analisis mengenai transformator yang diteliti.

### **Trafo tenaga**

Transformator tenaga adalah suatu peralatan tenaga listrik yang

berfungsi untuk menyalurkan tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya. Dalam operasi penyaluran tenaga listrik transformator dapat dikatakan sebagai jantung dari transmisi dan distribusi. Dalam kondisi ini suatu transformator diharapkan dapat beroperasi secara maksimal (kalau bisa terus menerus tanpa berhenti). Mengingat kerja keras dari suatu transformator seperti itu maka cara pemeliharaan juga dituntut sebaik mungkin. Oleh karena itu transformator harus dipelihara dengan menggunakan sistem dan peralatan yang benar, baik dan tepat. Untuk itu regu pemeliharaan harus mengetahui bagian-bagian transformator dan bagian-bagian mana yang perlu diawasi melebihi bagian yang lainnya.

Berdasarkan tegangan operasinya dapat dibedakan menjadi transformator 500/150 kV dan 150/70 kV biasa disebut *Interbus Transformator (IBT)*. Transformator 150/20 kV dan 70/20 kV disebut juga trafo distribusi. Titik netral transformator ditanahkan sesuai dengan kebutuhan untuk sistem pengamanan / proteksi, sebagai contoh transformator 150/70 ditanahkan secara langsung di sisi netral 150 kV dan transformator 70/20 kV ditanahkan dengan tahanan rendah atau tahanan tinggi atau langsung di sisi netral 20 kV nya. Transformator dapat dibagi menurut fungsi/pemakaian seperti: Transformator Mesin (pembangkit), Transformator Gardu Induk, Transformator Distribusi

Transformator dapat juga dibagi menurut kapasitas dan tegangan seperti: Transformator besar, Transformator sedang.

## 1 Transformator kecil



**Gambar 1. Konstruksi transformator 3 fase merk Trafindo.**



**Gambar 2 Konstruksi transformator 1 fase merk Starlite.**

### Sistem Jaringan Distribusi

Sistem distribusi tenaga listrik adalah penyaluran energi listrik dari gardu induk (GI) tenaga listrik hingga sampai kepada konsumen (pemakai) pada tingkat tegangan yang diperlukan. Jaringan distribusi terdiri atas dua bagian, yang pertama adalah jaringan tegangan menengah/primer (JTM), yang menggunakan tiga kawat atau empat kawat untuk tiga fasa. Jaringan distribusi primer berada antara gardu induk dan transformator

distribusi. Jaringan yang kedua adalah jaringan tegangan rendah (JTR) dengan tegangan 380/220 Volt, dimana sebelumnya tegangan tersebut ditransformasikan oleh transformator distribusi dari 20 kV menjadi 380/220 Volt, jaringan ini dikenal pula dengan jaringan distribusi sekunder.

### Struktur Distribusi Tenaga Listrik

Gardu induk berisikan ujung-ujung dari saluran transmisi / sub-transmisi, transformator, peralatan proteksi, peralatan kontrol dan pangkal saluran distribusi. Gardu induk memberikan suplai tenaga listrik ke jaringan distribusi. Tegangan yang suplai gardu induk adalah berupa tegangan menengah karena pada gardu induk, tegangan tinggi yang diterima diturunkan terlebih dahulu ke tegangan menengah sebelum disalurkan ke daerah beban yang dikehendaki. Secara lebih rinci, gardu induk berfungsi sebagai :

1. Mentransformasikan tenaga listrik dari tegangan tinggi yang satu ke tegangan tinggi lainnya, atau ke tegangan menengah.
2. Pengukuran, pengawasan operasi serta pengaturan dan pengamanan sistem tenaga listrik.

### Gardu Hubung (*Switch Substation*)

Gardu hubung merupakan gardu penghubung antara gardu induk dengan gardu trafo distribusi. Gardu ini tidak berisikan transformator, tetapi hanya perlengkapan hubung-bagi (*Switcgear*) dan biasanya rel-rel (*busbars*). Gardu hubung ini terdiri dari gardu hubung spindel yang memiliki maksimum 7 unit penyulang dan gardu hubung

non-spindel yang memiliki 3 unit penyulang.

### Gardu Distribusi

Gardu Distribusi adalah gardu yang berisikan trafo distribusi dan merupakan daerah / titik pertemuan antar jaringan primer dan jaringan sekunder karena pada gardu ini tegangan menengah (TM) diubah ketegangan rendah (TR).

### Feeder (Penyulang)

Feeder (penyulang) dalam jarringan distribusi merupakan saluran yang menghubungkan gardu induk dengan gardu distribusi.

### Pola Jaringan Distribusi Primer

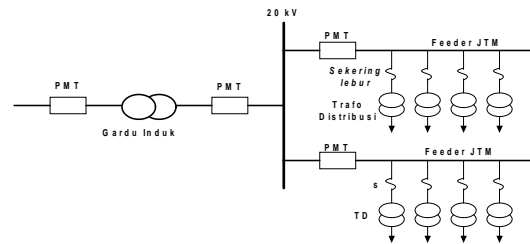
Untuk memenuhi tingkat kontinuitas pelayanan, dikenal beberapa pola jaringan distribusi primer, yaitu:

#### a. Konfigurasi Radial

Kelebihan utama sistem ini adalah: sederhana, baik dalam pengoperasian maupun pemeliharaan serta peralatan proteksinya sehingga biaya konstruksi dan operasinya lebih rendah dibandingkan konfigurasi lainnya, tetapi sistem ini tidak cocok untuk jenis beban dengan kontinuitas aliran arus yang tinggi karena kelemahan dalam penanganan gangguan.

Pada konfigurasi radial ini apabila terjadi gangguan pada salah satu feeder (penyulang), maka semua pelanggan yang terhubung pada feeder tersebut terganggu. Apabila gangguan tersebut bersifat permanen dan memerlukan perbaikan terlebih dahulu sebelum dapat di operasikan kembali, maka pelanggan (konsumen) yang mengalami gangguan pelayanan jumlahnya relatif banyak. Pola jaringan distribusi

primer radial dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini:



**Gambar 3. Jaringan Distribusi Primer Radial**

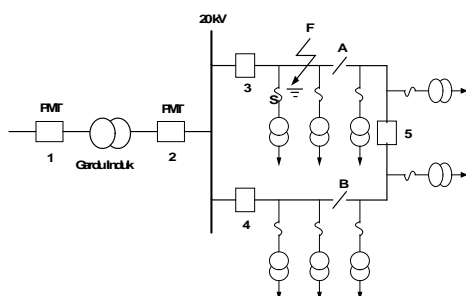
Gambar diatas menunjukkan jaringan tegangan menengah berupa feeder-feeder radial yang keluar dari Gardu Induk (GI). Pada setiap feeder terdapat Transformator Distribusi (TD) yang dilengkapi dengan saklar. Transformator Distribusi diletakkan didalam kota.

Untuk wilayah kepadatan tinggi dan jarak antara pusat beban dengan feeder terlalu jauh perlu digunakan Gardu Hubung (GH).

Antara Gardu Induk (GI) dan Gardu Hubung (GH) umumnya dihubungkan oleh dua sirkuit tegangan menengah yang dilengkapi dengan relay pengaman agar kalau salah satu sirkuit terganggu masih ada satu sirkuit yang beroperasi.

#### b. Konfigurasi Ring

Sistem Konfigurasi Ring ini secara ekonomis menguntungkan, karena pada jaringan terbatas hanya pada saluran yang terganggu, sedangkan pada saluran yang lain masih dapat menyalurkan tenaga listrik dari sumber lain dalam rangkaian yang tidak terganggu. Sehingga kontinuitas pelayanan sumber tenaga listrik dapat terjamin dengan baik. Pola jaringan distribusi primer ring dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



**Gambar 4 Jaringan Distribusi Primer Ring**

Dalam praktek umumnya jaringan Ring dibuka dengan membuka PMT 5. Pemutus Tenaga adalah sakelar tegangan tinggi yang mampu memutus arus gangguan. Arus gangguan besarnya dapat mencapai beberapa ribu kali besarnya arus operasi normal.

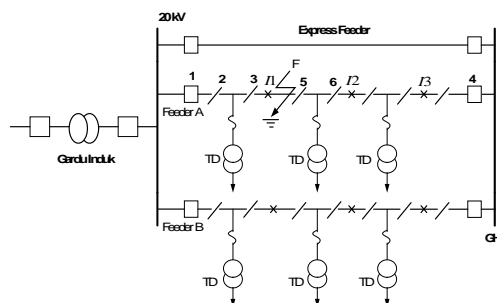
Di depan dan di belakang setiap pemutus tenaga harus ada pemisah (PMS), yaitu sakelar yang hanya boleh dioperasikan (ditutup dan dibuka) dalam keadaan tidak ada arus yang melaluinya, tetapi posisi pisau sakelar harus jelas terlihat. Hal ini diperlukan berkaitan dengan masalah keselamatan kerja pada saat instalasi tegangan tinggi akan dibebaskan dari tegangan karena akan disentuh orang.

Pada gambar 2.4, apabila terjadi gangguan di titik F (Fult) maka PMT 3 dihubungkan. Selanjutnya dilakukan langkah mencari dan memperbaiki bagian yang terganggu.

Selama pencarian dan perbaikan titik F yang terganggu hanya pelanggan yang ada diantara PMS A dan PMT 3 yang mengalami gangguan pelayanan. Apabila jumlah PMS seperti PMS A dan PMS B di perbanyak, maka jumlah pelanggan yang mengalami gangguan pelayanan dapat dikurangi lagi.

### c. Konfigurasi Spindel

Sistem jaringan distribusi primer Spindel adalah gabungan sistem jaringan radial dan ring. Pola jaringan spindel ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



**Gambar 5. Jaringan Distribusi Primer Spindel**

Keterangan gambar 5:

1 dan 4 adalah PMT/CB = Pemutus tenaga (*Circuit Breaker*)

2;3;5;6 adalah PMS/DS = Pemisah (*Disconnecting Switch*)

Dalam keadaan normal semua PMT dan PMS dari setiap feeder yang keluar dari Gardu Induk (GI) dalam keadaan terhubung, *express feeder* di Gardu Hubung (GH) dalam keadaan terbuka.

Misalnya terjadi gangguan di titik F pada feeder A maka PMT 1 lepas, maka tempat gangguan harus dicari dan dilokalisir. Setelah gangguan diketahui atau diisolir yaitu antara Indikator I<sub>1</sub> dan Indikator I<sub>2</sub>, maka PMS 3 dan PMS 5 dibuka kemudian PMT 1 dihubungkan kembali sehingga pelayanan bagi para pelanggan normal kembali.

Setelah bagian yang terganggu di titik F selesai diperbaiki maka konfigurasi jaringan dapat dikembalikan seperti sebelum terjadi gangguan dengan menghubungkan PMS 3 dan PMS 5.

Saluran distribusi Udara 20 kV kota Padang menggunakan jaringan distribusi primer berbentuk Spindel. (Sumber. PLN Cabang Padang).

Jika terjadi gangguan pada salah satu *feeder* maka *feeder* yang lain tidak mengalami pemadaman karena dapat disuplay dari tempat lain melalui sebuah *express feeder* yaitu saluran yang bebas atau langsung di suplay dari gardu induk distribusi. Jenis kawat yang digunakan untuk *express feeder* ini lebih baik jika digunakan dengan besar penampang lebih besar dari *feeder* lain yang sedang beroperasi. Jenis jaringan ini memang lebih andal dari jenis jaringan yang lain, tetapi membutuhkan biaya yang cukup besar untuk pembuatannya.

### Gangguan

Gangguan pada peralatan ketenagalistrikan sudah menjadi bagian dari pengoperasian peralatan tenaga listrik. Mulai dari pembangkit, transmisi hingga pusat-pusat beban tidak pernah lepas dari berbagai macam gangguan. Bagian dari peralatan tenaga listrik yang sering mengalami gangguan adalah kawat transmisinya (kira-kira 70-80% dari seluruh gangguan).

Hal ini disebabkan luas dan panjang kawat transmisi yang terbentang dan yang beroperasi pada kondisi udara yang berbeda-beda dimana pada umumnya yang lewat udara (diatas tanah) lebih rentan terhadap gangguan dari pada yang ditaruh dalam tanah (*underground*).

Akibat-akibat yang ditimbulkan oleh gangguan

- Menginterupsi kontinuitas pelayanan daya kepada para konsumen apabila gangguan itu sampai menyebabkan terputusnya suatu rangkaian atau menyebabkan rusaknya suatu unit pembangkit.
- Penurunan tegangan yang cukup besar menyebabkan rendahnya kualitas tenaga listrik dan merintangi kerja normal pada peralatan konsumen.
- Pengurangan stabilitas sistem dan menyebabkan jatuhnya generator.
- Merusak peralatan pada daerah terjadinya gangguan itu.

### Konsep Dasar Keandalan Sistem Distribusi

Definisi klasik dari keandalan adalah peluang berfungsinya suatu alat atau sistem secara memuaskan pada keadaan tertentu dan dalam periode waktu tertentu pula. Dapat juga dikatakan kemungkinan atau tingkat kepastian suatu alat atau sistem akan berfungsi secara memuaskan pada keadaan tertentu dalam periode waktu tertentu pula. Dalam pengertian ini, tidak hanya peluang dari kegagalan tetapi juga banyaknya, lamanya dan frekuensinya juga penting. Kemungkinan atau tingkat kepastian sedemikian itu tidak dapat diduga dengan pasti, tetapi dapat dianalisa atas dasar logika ilmiah.

Keandalan yaitu kemampuan dari sistem pengiriman kekuatan untuk membuat tegangan listrik yang siap secara terus-menerus dan cukup dengan mutu kepuasan, untuk memenuhi kebutuhannya konsumen.

### Metodologi Tentang Life Time Transformator

Pada dasarnya perhitungan yang tepat serta management yang baik dari Trafo Distribusi akan meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik sehingga kontinuitas pelayanan listrik ke konsumen terjamin.

Trafo Distribusi merupakan komponen yang sangat penting dalam mendistribusikan tenaga listrik ke konsumen, jadi ada beberapa faktor yang mempengaruhi keandalan dan lama waktu pakai trafo jaringan distribusi, yaitu :

### Pemilihan trafo jaringan distribusi

Pemilihan kapasitas KVA Trafo Distribusi didasarkan pada beban yang akan dilayani. Diusahakan presentasi pembebanan Trafo Distribusi mendekati 80% Trafo Distribusi umumnya mencapai efisiensi maksimum (rugi-rugi Trafo minimum). Bila beban Trafo terlalu besar, maka dilakukan penggantian Trafo atau penyisipan Trafo atau mutasi Trafo (Trafo yang melayani beban kecil dimutasikan ke beban besar, dan begitu sebaliknya). Mutasi antar Trafo dapat dilakukan setelah hasil pengukuran beban diperoleh. Rumus berikut dapat digunakan untuk perhitungan rating Trafo Distribusi yang dipilih.

### Rating Trafo Distribusi =

$$\frac{\text{KVA Beban (KVA)}}{0,8}$$

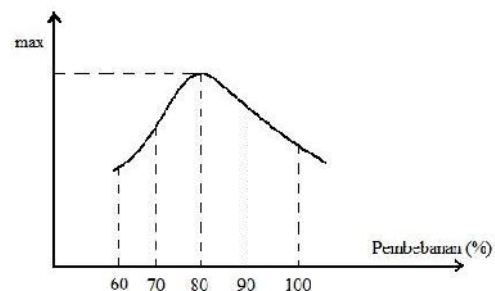
Pilih rating Trafo Distribusi yang sebenarnya (tersedia) yang mendekati hasil perhitungan dari rumus diatas.

Contoh: Untuk potensi beban 130 KVA, perhitungan rating Trafo Distribusi:

### Rating Trafo Distribusi =

$$\frac{130 \text{ KVA}}{0,8} = 162,5 \text{ KVA}$$

Maka dapat diperoleh rating Trafo Distribusi yang tersedia 160 KVA, grafik berikut memperlihatkan rentangan rating Trafo Distribusi (TD) masih dalam toleransi: 70% s/d 90% pembebanan:



Gambar 6. Grafik rentang rating trafo distribusi

Apabila perhitungan diluar rentangan tersebut dan diluar rating Trafo Distribusi yang tersedia, maka diupayakan penyeimbangan beban-beban yang ada atau pengalihan beberapa beban sampai tercapai rentangan tersebut. Penyebab timbulnya Drop tegangan adalah: Arus beban puncak (Ampere), Tahanan saluran (Ohm), dan Panjang saluran (km).

Drop tegangan akan semakin besar jika satu atau lebih dari faktor diatas nilainya besar. Yang dimaksud dengan drop tegangan disini yaitu drop tegangan ujung pada jaringan tegangan rendah (JTR) yaitu tegangan yang jatuh pada saluran JTR yang menyebabkan jatuhnya / turunnya tegangan pada ujung saluran konsumen.



Menurut peraturan SPLN (Standard Peraturan Listrik Negara) drop tegangan ujung yang diperbolehkan adalah = 10% dari tegangan nominal sekunder Trafo Distribusi. Persamaan berikutnya dapat dipergunakan untuk menentukan drop tegangan JTR:

$$\text{Voltage Drop} = I \cdot r \cdot L = V_{lvc} - V_{ujung} \text{ (volt)}$$

Dimana:

I = arus beban puncak (Ampere)

R = tahanan penghantar ( /km)

L = panjang saluran (km)

V lvc = tegangan pada LVC (volt)

V ujung = tegangan ujung (volt)

Dari persamaan diatas terlihat bahwa apabila:

$$1 > \frac{10 \% V_{lvc}}{I \cdot r}$$

Maka berarti drop tegangan > 10%, untuk mengatasi ini dapat dilakukan penyisipan Trafo Distribusi. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam transformator Distribusi sisip adalah :

- Rating Trafo Distribusi sisip yang dipilih harus memperhatikan perkembangan beban dilokasi.
- Peletakan Trafo Distribusi sisip jarak maksimumnya dari Trafo Distribusi pertama adalah :

$$\text{max} = \frac{10 \% \times V_{lvc}}{I \text{ beban puncak} \times r \text{ saluran}}$$

### Penempatan trafo jaringan distribusi

Bila jarak antara Trafo terlalu jauh dengan beban yang akan dialyani, maka menyebabkan voltage drop yang besar. Oleh sebab itu pada waktu pendataan KVA Trafo harus diperhatikan jarak

maksimum dari Trafo distribusi tersebut terhadap konsumen. Bila jarak terlalu jauh, maka untuk mengatasi agar tegangan jatuh pada konsumen tidak terlalu tinggi maka dapat dilaksanakan penyisipan Trafo Distribusi, untuk mengetahui besarnya drop tegangan bisa dilakukan dengan mengukur langsung tegangan pada low Voltage Cabinet Trafo Distribusi (V lvc) dan tegangan pada tiang ujung konsumen ujung (V ujung) suatu JPR (Jaringan Tegangan rendah) atau melalui pengukuran arus beban puncak.

### Pemeliharaan trafo jaringan distribusi

Pemeliharaan adalah suatu usaha/kegiatan terpadu yang dilakukan terhadap suatu benda, untuk mencegah kerusakan atau mengembalikan memulihkannya kepada keadaan yang normal dengan tetap mempertimbangkan faktor-faktor ekonomis.

### METODE

Dalam pelaksanaan penelitian / pengambilan data untuk transformator 20 kV di APJ Malang dilakukan dalam kurung waktu 3 minggu, sbb:

1. Minggu pertama (tanggal 3 – 8 Agustus 2009)

Pengenalan pada perusahaan dan melihat kondisi lapangan, serta menentukan daerah bagian feeder yang mau diambil datanya.

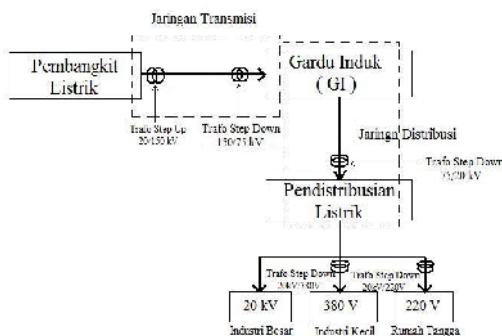
2. Minggu kedua (tanggal 10 – 15 Agustus 2009)

Melakukan pengukuran transformator distribusi pada feeder Wirobrajan 4 pada pukul 12.00 WIB, dengan mengambil data berupa tegangan dan Arus yang

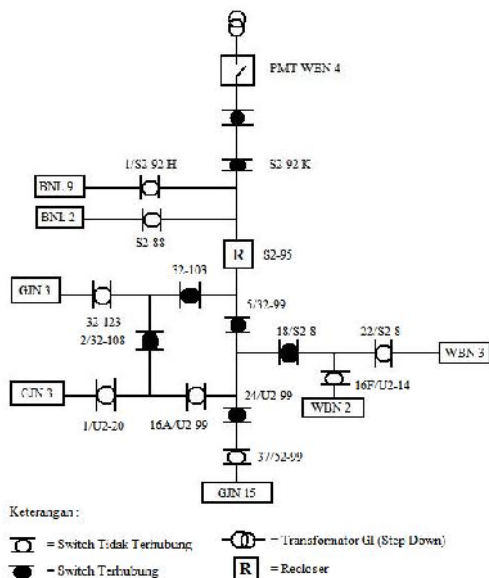
ada pada Transformator distribusi tersebut dalam keadaan berbeban, merk Transformator adalah Trafindo 20 kV.

3. Minggu ketiga ( tanggal 17- 22 Agustus 2009)

Melakukan pengukuran transformator distribusi pada feeder Wirobrajan 4 pada pukul 12.00 WIB, dengan mengambil data berupa tegangan dan Arus yang ada pada Transformator distribusi tersebut dengan merk yang berbeda tetapi sama waktu-pengukurannya, dalam keadaan berbeban merk Transformator adalah Starlite 20 kV.



Gambar 7. Jaringan Transmisi-Distribusi Energi listrik



Gambar 8. Jaringan feeder wirobrajan4

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Data pengukuran transformator merk Starlite 20 kV

Hari Ke -	I Nominal Ampere	I Beban Ampere	V Input ( kV )	V Output ( kV )	Daya Beban ( kVA )
1.	108	50,76	20	19	954,79
2.	108	35,64	20	18,8	663,32
3.	108	36,72	20	19,2	697,69
4.	108	39,96	20	18,9	747,68
5.	108	51,84	20	18,7	959,70
6.	108	23,76	20	18,9	444,56
7.	108	35,64	20	19	660,48
	756	274,32	140	132,5	5128,49

### Rata-rata :

$$I \text{ Nominal} = \frac{\sum I \text{ Nominal}}{n} = \frac{756}{7} = 108 \text{ A}$$

$$I \text{ Beban} = \frac{\sum I \text{ Beban}}{n} = \frac{274,32}{7} = 39,18 \text{ A}$$

$$V \text{ Input} = \frac{\sum V \text{ Input}}{n} = \frac{140}{7} = 20 \text{ kV}$$

$$V \text{ Output} = \frac{\sum V \text{ Output}}{n} = \frac{132,5}{7} = 18,92 \text{ kV}$$

$$P \text{ Beban} = \frac{\sum P \text{ Beban}}{n} = \frac{5128,49}{7} = 732,64 \text{ kVA}$$

### Nilai Persentase :

$$I \% = \frac{I \text{ Nominal} - I \text{ Beban}}{I \text{ Nominal}} \times 100 \% = \frac{108 - 39,18}{108} \times 100\% = 63,72 \%$$

$$V \% = \frac{V \text{ Input} - V \text{ Output}}{V \text{ Input}} \times 100\% = \frac{20 \text{ kV} - 18,92 \text{ kV}}{20 \text{ kV}} \times 100\% = 5,35 \%$$

$$P \% = \frac{P \text{ Nominal} - P \text{ Beban}}{P \text{ nominal}} \times 100\% = \frac{733,87 \text{ kVA} - 732,64 \text{ kVA}}{733,87 \text{ kVA}} \times 100\% = 0,16 \%$$

Catatan :

P Nominal =

$$I \text{ Beban} \times V \text{ Output} \times \cos 0,85^\circ = 39,18 \times 18,92 \times 0,99 = 733,87 \text{ kVA}$$

### Nilai Error :

$$E = \frac{P - P'}{P} \times 100 \% \\ = \frac{80 \% - 69,36 \%}{80 \%} \times 100 \% = 13,3 \%$$

Catatan :

$$P^* = \text{Nilai jumlah presentasi} \\ = I \% + V \% + P \% \\ = 63,85 \% + 5,35 \% + 0,16 \% \\ = 69,36 \%$$

P = Nilai ketetapan batasan pemakaian transformator sebesar 80 %

### Prediksi waktu pakai transformator :

$$\text{Sisa waktu pakai} = 100 \% - 13,3 \% = 86,7 \%$$

$$\text{Dalam Hari} = \frac{86,7}{100} \times 1800 \text{ hari} \\ = 1560,60 \\ = 1560 \text{ hari (pembulatan)}$$

$$\text{Dalam Tahun} = \frac{1560 \text{ hari}}{360 \text{ hari}} \\ = 4,33 \text{ tahun} \\ = \mathbf{4 \text{ Tahun lebih 4 Bulan}}$$

Catatan :

Prediksi waktu pemakaian Transformator adalah 5 Tahun ( 100 %)

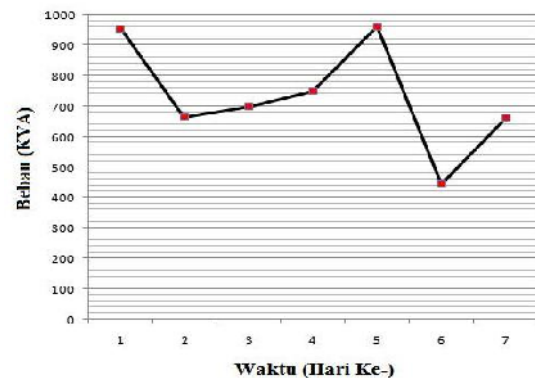
5 Tahun = 1800 Hari

1 Tahun = 360 Hari

Bila transformator misalkan telah digunakan dalam waktu 1 tahun, maka waktu pakai transformator adalah "**Sisa waktu pakai – Waktu yang telah digunakan**" = 4 Tahun lebih 4 Bulan – 1 Tahun = **3 Tahun lebih 4 Bulan.**

**Tabel 2. Perbandingan antara Daya (Beban kVA) dengan waktu penggunaan selama 7 hari pada transformator merk Starlite.**

X	1	2	3	4	5	6	7
Y	95	66	69	74	95	44	66
	4,7	3,3	7,6	7,6	9,7	4,5	0,4
	9	2	9	8		6	8



**Gambar 9. Grafik Garis pemakaian beban terhadap waktu penggunaan pada transformator merk Starlite**

3.

### 4. KESIMPULAN

Pelaksanaan penelitian dan pengambilan data dilakukan di APJ PLN Malang, maka dari hasil yang dicapai dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Keandalan transformator selama masa operasi, sangat ditentukan oleh cara pemilihan, penempatan, serta pemeliharaan dari transformator tersebut.
2. Jika beban yang disuplai oleh transformator pada jaringan semakin besar, maka digunakan transformator dengan kapasitas yang besar pula untuk mensuplai beban yang besar tersebut, jika tidak sedemikian rupa, maka transformator akan mengalami Over Load yang dapat mengakibatkan transformator terbakar.

3. Dalam penganalisaan data dalam memperhitungkan lama waktu pakai transformator hanya dilakukan dengan cara pengukuran arus, tegangan, dan daya beban pada dua buah transformator yang berbeda merk dalam waktu pengukuran yang sama, dan sedang beroperasi di jaringan distribusi tersebut.
4. Semakin besar nilai arus pada beban 50,76 Ampere maka akan semakin besar pula daya reaktif 954,79 kVA yang dibangkitkan pada transformator merk Starlite 20 kV.
5. Dalam perhitungan Regresi Linier yang dilakukan pada transformator merk Stralite 20kV mendapatkan nilai error sebesar 13,3% dari standarisasi PLN sebesar 80% sebagai batas pemakaian transformator, maka waktu pakai transformator berkurang selama 8 bulan dari standarisasi pemakaian transformator selama 5 tahun, maka sisa waktu pemakaian transformator tersisa 4 tahun 4 bulan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Brown, E. Richard. 2002, *Electric Power Distribution Reliability*, New York. Basel : Marcel Dekker, Inc.
- Dedy Widhianto Adisuwito. 2008, *Simulasi dan analisa ketidakseimbangan beban transformator distribusi untuk identifikasi beban lebih dan estimasi rugi-rugi pada jaringan tegangan rendah pada PLN UJ Darmo Permai APJ Surabaya selatan*, Surabaya.

[http://dewey.petra.ac.id/jiunkpe\\_dg\\_10027.html](http://dewey.petra.ac.id/jiunkpe_dg_10027.html)

Jabat. 2009, *Penggunaan purified oil machine sebagai alat untuk perawatan dan pemeliharaan minyaktrafo*.  
<http://one.indoskripsi.com/node/9130>

Marsudi, Djiteng. 2005, *Pembangkitan Energi Listrik*, Jakarta: Penerbit Erlangga.

Morhel Mubarak. 2008, *Studi Keterandalan Sistem Jaringan Distribusi udara 20 kV Pada Gardu Hubung Kandis Kota Padang*, Padang.  
<http://www.scribd.com/doc/9293763>

Momoh, A. James. 2008, *Electric Power Distribution, Automation, Protection, And Control*, CRC Press Taylor & Francis Group Boca Raton London New York.

Pabla, A.S. 2007, *Electric Power Distribution fifth Editon*, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited. New Delhi.

Taufiq. 2009, *Studi pengaruh penempatan arrester terhadap efektivitas proteksi transformator distribusi 20 kV pada gardu transformator tiang*.  
<http://one.indoskripsi.com/node/8473>

P.T. PLN (Persero) P3B Suplemen SE. 032/PST/1984, 2000, *Uraian kegiatan Pemeliharaan Listrik*, Jakarta

